Le demi-soustracteur (Half-subtractor)

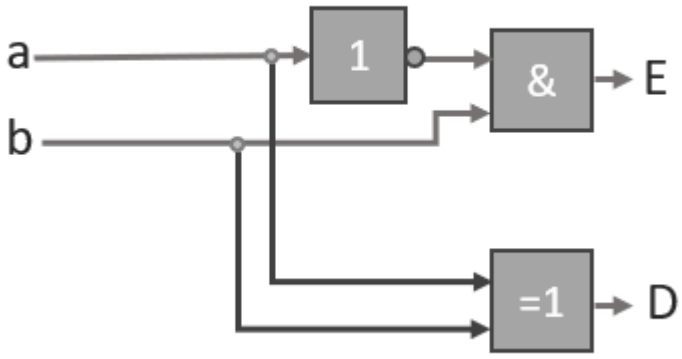
Cette activité de travaux dirigés, que nous vous proposons, vous permet la modélisation sous **QSPICE**, une solution de simulation électronique, d'un **demi-soustracteur binaire** à l'aide de trois **portes logiques.** Nous allons ainsi modéliser le montage ensemble, le configurer et le simuler pour déterminer comment cette solution arithmétique est capable de calculer la différence de deux digits binaires.

C'est quoi un soustracteur binaire

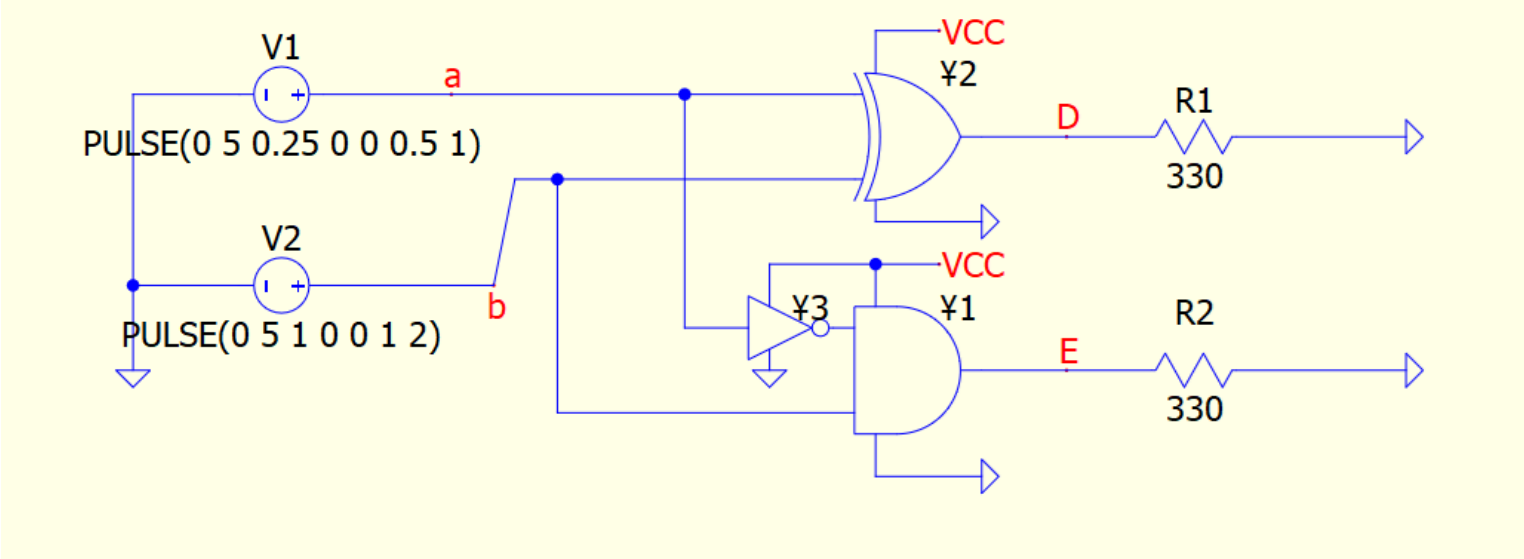
Un **soustracteur binaire** est une solution combinatoire capable de réaliser la **soustraction arithmétique** numériquement de deux valeurs binaires. Lorsqu'un soustracteur ne prend pas en compte la valeur de l'emprunt de l'étage de la soustraction précédent, ce composant numérique est appelé ainsi un **demi-soustracteur**.

Modélisation d'un demi-soustracteur (Half-subtractor) à l'aide de trois portes logiques

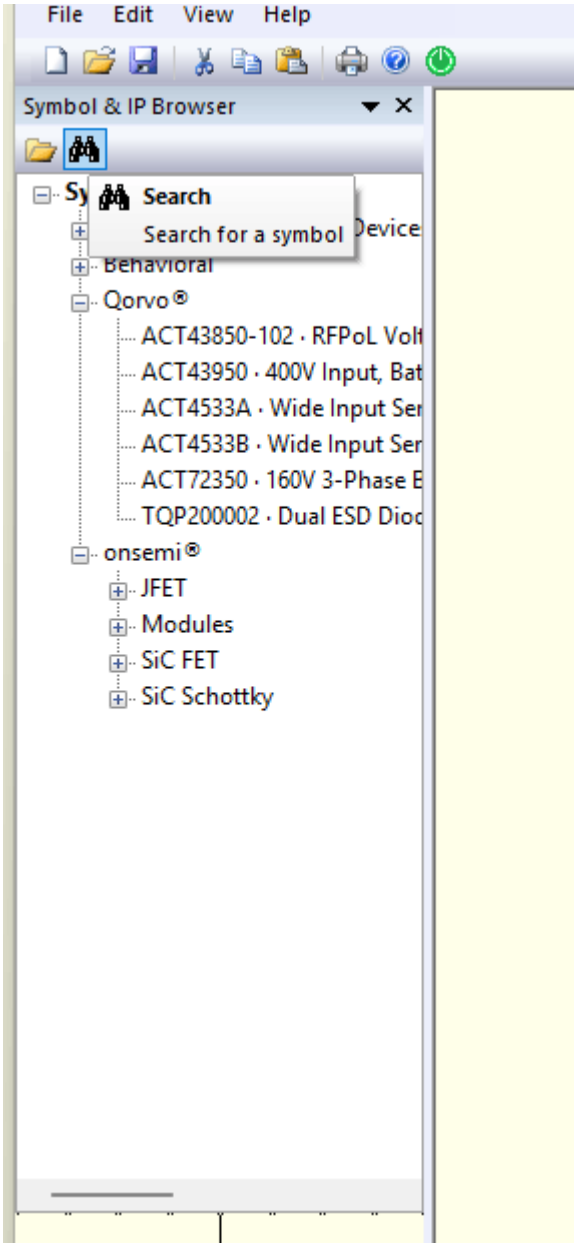
Pour réaliser ce soustracteur binaire, nous allons modéliser sous la solution **QSpice** le montage électrique ci-dessous :



Pour cela, nous allons créer le montage électrique suivant sous notre outil de simulation :



Pour retrouver les trois portes logiques ; la porte logique **NON**, la **OU exclusif** et la **ET** logique, nous allons rechercher dans la bibliothèque de composants composant par composant et les placer dans notre projet. Pour cela, vous pouvez utiliser la fonction de **recherche** en cliquant sur la petite icône de la jumelle située dans la barre latérale de l'application des **composants** comme nous l'explique l'image ci-dessous :



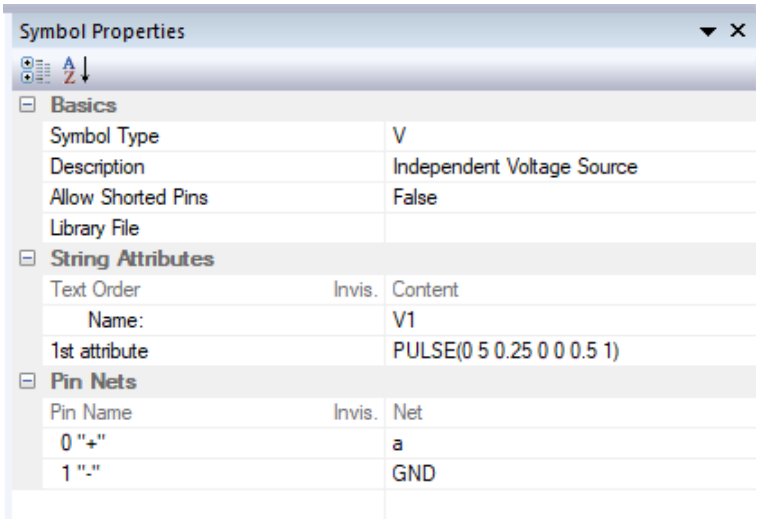
Pour modéliser, maintenant, les différentes combinaisons possibles des deux variables a et b sous **QSPice**, nous allons placer deux générateurs de tension électrique que nous allons configurer en **PULSE.** L'amplitude de chaque générateur sera configurée à 5V et une configuration de fréquence différente telle que :

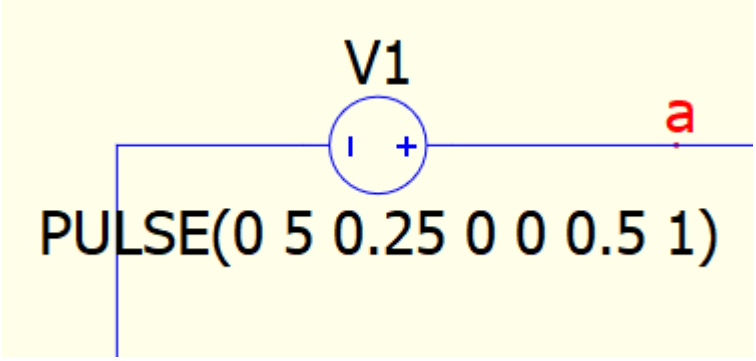
- la fréquence de la première source, que nous nommons a en référence de la variable a, sera de 1 Hz,
- et la fréquence de la deuxième source, que nous nommons b en référence de la variable b, sera de 2 Hz,

Et pour éviter toute forme de micro-impulsion dans notre résultat, nous allons différer la source a par rapport la source b de 0.25s afin de pouvoir réaliser toutes les combinaisons binaires possibles; soit les combinaisons suivantes pour le couple (a, b) : 00, 01, 10 et 11.

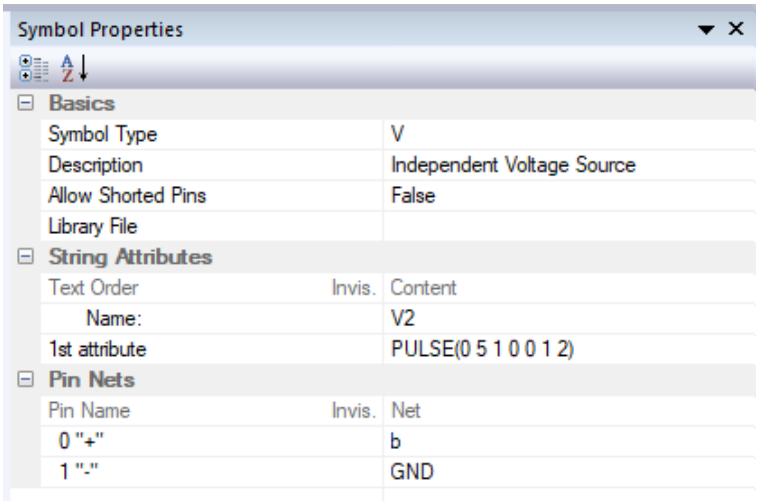
Pour ce fait, nos deux générateurs a et b seront donc configurés comme suit :

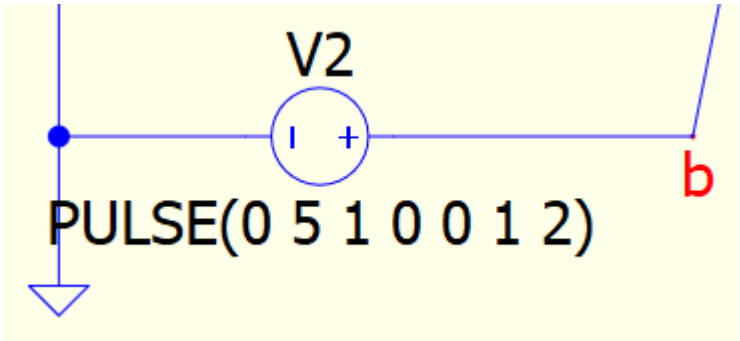
- Pour le premier générateur de tension **V1**, qui stipule la variable a, injecté à l'entrée de notre **demi-soustracteur** :



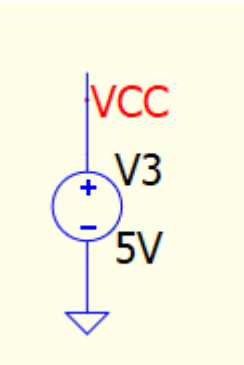


- Et pour le deuxième générateur **V2**, qui stipule la variable b, injecté à la deuxième entrée de notre **semi-soustracteur** :



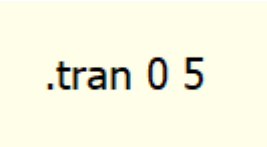


Pour alimenter les différentes portes logiques, sous QSpice, nous aurons besoin de rajouter une VCC d'une valeur de 5V (si nous n'utilisons aucun fichier de configuration bibliothèque fourni par un constructeur). Pour cela, nous allons placer une troisième **source d'alimentation** que nous annotons son fil côté pin (+) à la mention VCC. Cette annotation sera utilisée à l'identique dans les fils qui sont connectés aux pins d'alimentation des différentes portes logiques. La capture ci-dessous nous résume cela :

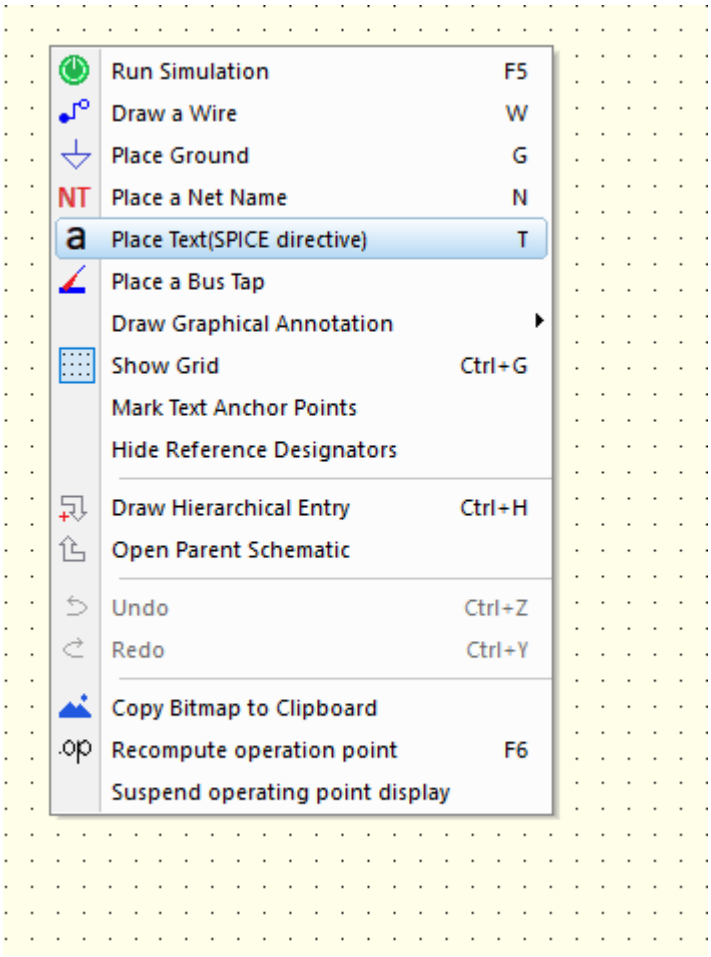


Une fois toutes tous les générateurs sont mis en place, nous pouvons maintenant rajouter **une résistance** à chaque sortie du demi-soustracteur d'une valeur de **330Ω**; soit donc $R_1 = 330\Omega$ et $R_2 = 330\Omega$ connectées respectivement à la sortie D et E.

Ainsi, avant de pouvoir lancer la simulation sous **QSpice.** Il est nécessaire d'inclure dans notre projet **la directive ".tran"** afin d'indiquer au simulateur la **durée temporelle** et le **pas** de calcul. Pour une performance optimale, il est recommandé de laisser la valeur du **pas** à 0. Le module **SPICE** choisira donc le pas qui lui convient. Par contre, nous allons indiquer que notre simulation s'arrête à 5s (si vous souhaitez simuler davantage, vous pouvez indiquer au simulateur une durée plus longue). La figure ci-dessous résume cela :



Pour ajouter cette directive, vous pouvez utiliser directement le raccouci, la touche **T** du clavier, pour placer une directive ou bien en faisant un clic droit sur votre espace de travail, puis nous choisissons le sous-menu **"Place Text(SPICE directive)"** comme vous le montre la capture ci-dessous :



Simulation et analyse du résultat obtenu : le demi-soustracteur

Une fois le simulateur termine ces calculs, vous pouvez ajouter dans le même fenêtre les deux courbes des deux variables d'entrées V_a et V_a et les deux courbes des deux variables de sorties V_D et V_E.

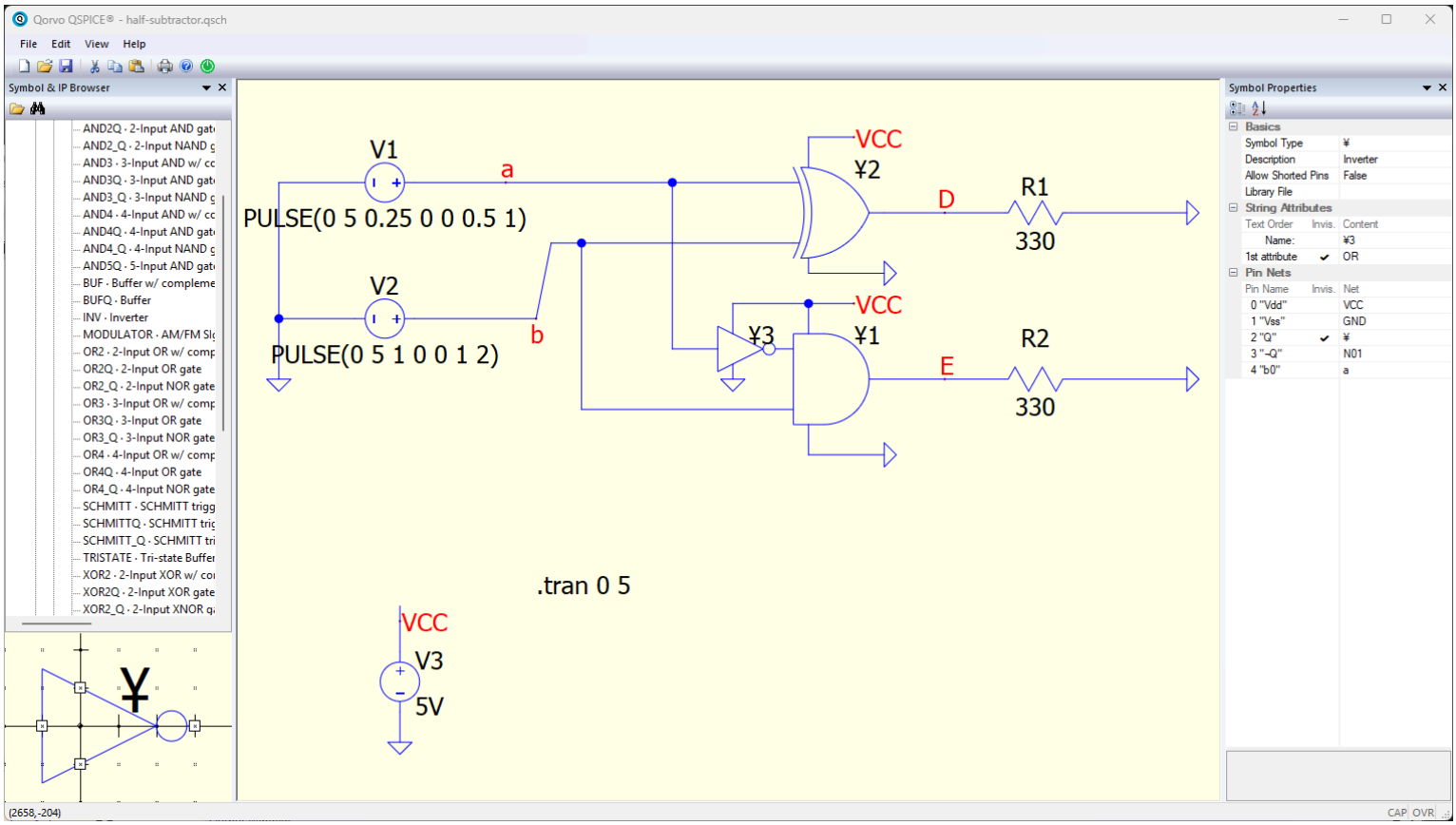
A l'aide du tableau ci-dessous, relevez les différentes valeurs de $S \ et \ R$ en fonction des différents variables de V_a et de V_b:

V_a	V_b	D	E
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

Que pouvons nous conclure ?

Réalisation et méthodologie : Le demi-soustracteur binaire

Conformément aux consignes de l'énoncé de cette activité de travaux dirigés, nous avons modélisé le schéma fourni sous la solution **QSpice**, ce qui se représente comme suit :



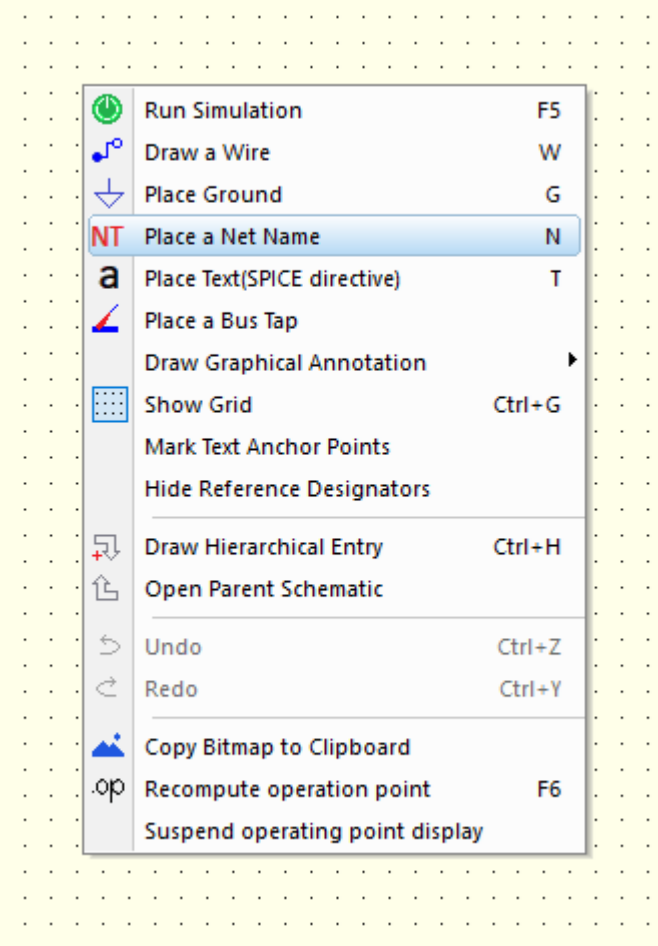
Comme vous le remarquez, nous avons mis en place une source d'alimentation **V_3** d'une valeur de **5V DC** pour alimenter nos trois **portes logiques** en VCC.

Attention : Si vous n'alimentez pas les portes logiques avec une source d'alimentation, ces composants ne fonctionneront pas et le résultat obtenu à la sortie de notre soustracteur sera erroné.

Et pour pouvoir lancer les calculs, nous devons aussi configurer les différents éléments de notre montage tels que :

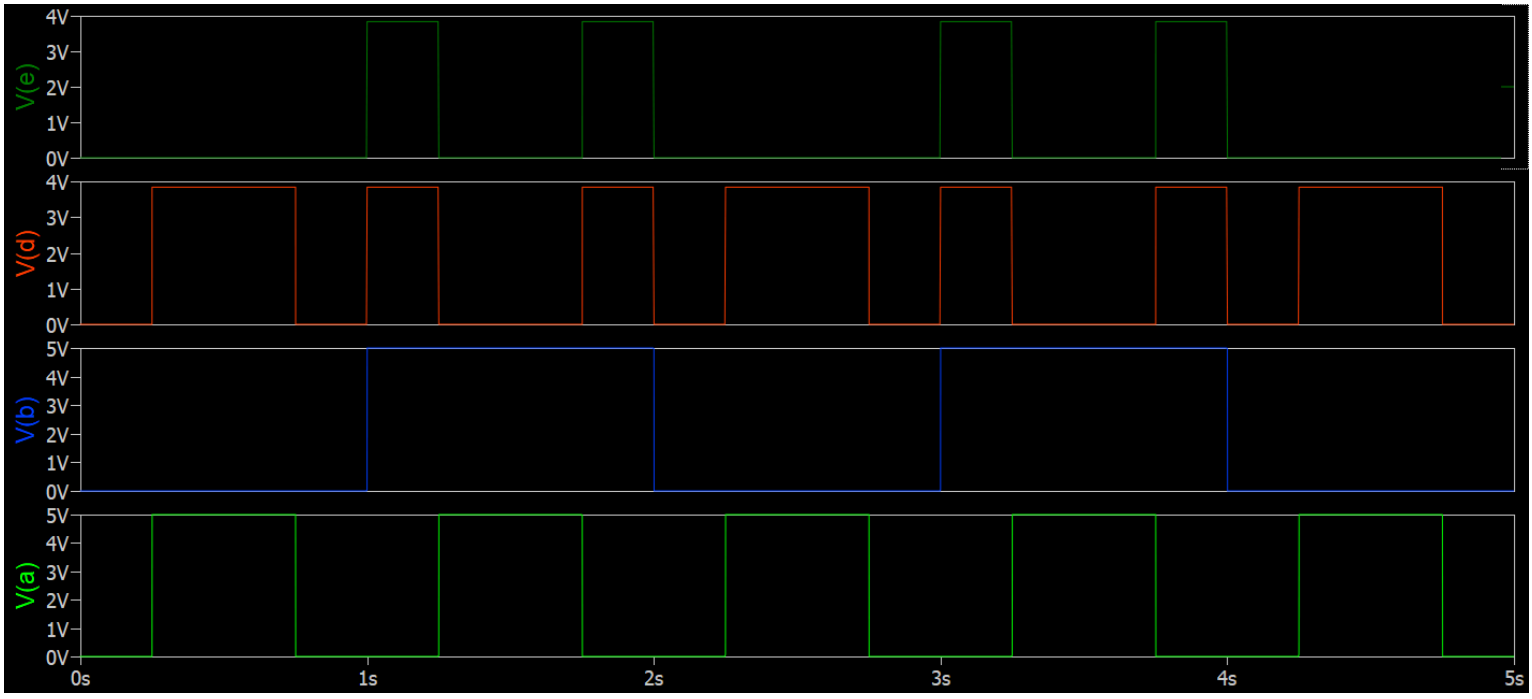
- les deux résistances R_1 et et R_2 à **330Ω** chaqu'une.
- les deux sources **V1** et **V2** tout en mettant en place une annotation; soit donc le label a ou b sur chaque fil électrique entrant à notre soustracteur.
- la directive pour le module **SPICE** telle que demandée : **.tran 0 5**

Petit rappel : pour ajouter **une annotation** sur un fil électrique, appelé **Wire** sous QSpice, nous pouvons utiliser le raccourci clavier **"N"** directement ou bien en faisant appel à la fonction via le sous-menu **"Place a Net Name"** une fois que nous cliquons droit sur notre espace de travail. La capture ci-dessous nous présente ce sous-menu :



Une fois notre projet est modélisé et correctement configuré, nous pouvons lancer la simulation à partir du bouton "**Run**" (disponible dans le menu principal ou dans le sous-menu via le clic droit sur notre espace de travail) sinon directement en utilisant le raccourci clavier ; la touche "**F5**". Dès que les calculs terminent sans aucun message d'erreur qui nous apparaît dans la fenêtre **Output**, nous pouvons ajouter maintenant une par une les différentes courbes que nous souhaitons lire à notre montage : **V(a)**, **V(b)**, **V(D)** et **V(E)**.

La fenêtre ci-dessous nous résume cela :



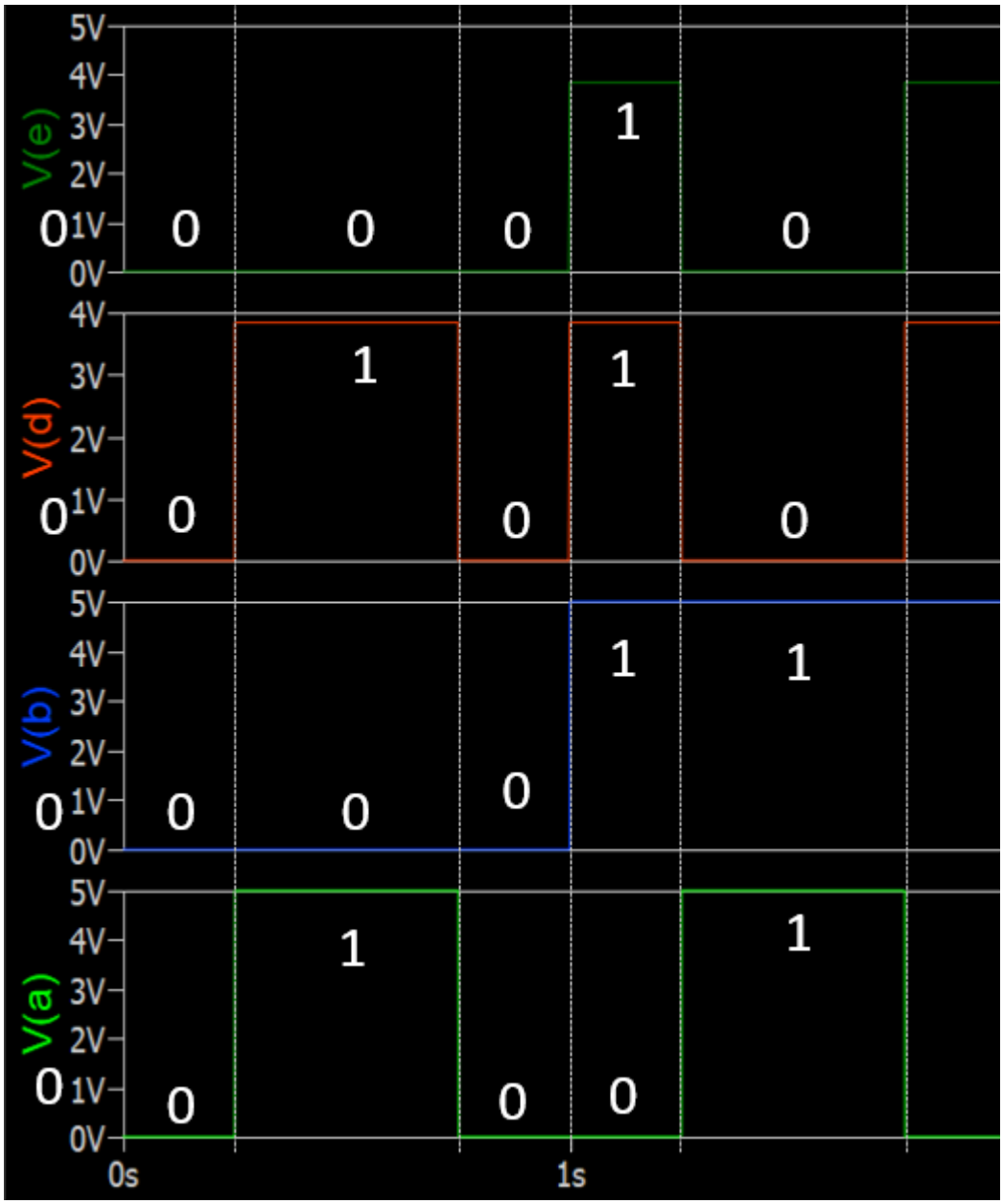
Depuis ces 4 courbes, il est facile de remplir les différentes valeurs binaires constatées depuis les 4 courbes, soit les 2 à l'entrée de notre composant et 2 à la sortie de notre composant. Nous notons donc les différentes valeurs D et E; ce qui représente respectivement la **différence** et la valeur de **l'emprunt** résultantes de cette fonction arithmétique de soustraction binaire, en fonction des deux variables a et b reçues à son entrée :

a	**b**	D	E
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Pour vous faciliter la lecture des différentes valeurs binaire soit à l'entrée soit à la sortie de notre montage, nous allons appliquer la règle ci-dessous :

- Si **V=** 0V ⇒ la valeur binaire correspond à 0,
- Et si **V** ≅ 5V ⇒ la valeur binaire correspond à 1.

Pour vous expliquer en détail comment nous avons lu ces différentes courbes pour remplir le tableau demandé, nous vous présentons la figure ci-dessous qui vous détaille les différentes valeurs binaires de a et b reçues à l'entrée de notre soustracteur ainsi que les valeurs respectives de la différence D et de la valeur de l'emprunt E à la sortie de notre demi-soustracteur :



En conclusions, le résultat obtenu confirme bien que nous réaliser un **demi-soustracteutr** binaire sous la solution de simulation **QSPICE** avec trois portes logiques ; une porte logique **NON**, une porte logique **ET** et une porte **OU Exclusive**.

Nous vous informons que ce composant, comme vous l'avez sûrement constaté, ne dispose pas d'une entrée d'emprunt E_{-1} qui vient de l'étage de soustraction précédent. Ce qui ne lui permet pas la prise en compte de la valeur de l'emprunt envoyée de l'étage précédent (en cas d'un montage en cascade de plusieurs **soustracteurs binaire**). D'où son nom : le **demi-soustracteur binaire**.

Electro-Robot </> 2024-2026, la solution complète pour apprendre l'électronique, la programmation et la robotique.